

Graphics Systems in a Software Engineering Curriculum

F.J. Melero

Dpto. Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Granada

fjmelero@ugr.es

Abstract

In this paper we describe the approach taken to integrate in a quite natural manner the development of graphics systems into the Software Engineering specialization branch of the new degree in Computer Engineering. Given the fact that Computer Graphics is a mandatory course for all students of any of the branches, the Graphics Systems course is more oriented towards a high level design and programming of software and to serve as a basis for other existing optional courses (e.g. Animation, Game Programming, Human-Computer Interaction, etc.). The approach taken during the first year of this course has been quite successful given the results of the survey passed to students before the end of the semester and hence before the qualifications. The lab works of the whole semester have been pivoting around the same problem, a solar system, and it has been developed using different technologies.

Categories and Subject Descriptors (according to ACM CCS): Computers and education [K.3.2]: Computers and Information Science Education—

1. Introducción

El Grado en Ingeniería Informática por la Universidad de Granada consta de 240 créditos (4 años), y está vigente desde su publicación en el BOE el 19/02/2011, y tiene como objetivo fundamental *la formación científica, tecnológica, y socioeconómica y la preparación para el ejercicio profesional en el desarrollo y aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), en el ámbito de la Informática [UGR]*.

Este plan de estudios constituye una oferta integrada de la formación necesaria para acceder a la profesión de Ingeniero Técnico en Informática, siendo nuestra universidad la única de toda la comunidad autónoma que ofrece la posibilidad de cursar cualquiera de las cinco especialidades de 48 créditos, correspondientes a todas las tecnologías específicas, definidas en la OM del BOE de 4 de agosto de 2009, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática, que tiene carácter de directriz nacional y que condiciona el 75 % (180 créditos) de las Enseñanzas. Estas especialidades son:

- Computación y Sistemas Inteligentes
- Ingeniería de Computadores

- Ingeniería del Software
- Sistemas de Información
- Tecnologías de la Información

El esquema general del plan de estudios se representa en la figura 1, donde además se refleja la carga en créditos ECTS de cada bloque. En el caso concreto de asignaturas relacionadas directamente con la Informática Gráfica y la Realidad Virtual, podemos encontrar en el plan de estudios las siguientes:

- Informática Gráfica. Obligatoria de Rama (5^o semestre).
- Sistemas Gráficos. Obligatoria de especialidad Ingeniería del Software (6^o semestre).

Proyecto Fin de Grado					12	
Formación Complementaria Interdisciplinar				Prácticas en Empresa	30	
Complementos Especialidad 1	Complementos Especialidad 2	Complementos Especialidad 3	Complementos Especialidad 4	Complementos Especialidad 5	48	
Especialidad 1: Computación y Sistemas Inteligentes	Especialidad 2: Ingeniería del Software	Especialidad 3: Ingeniería de Computadores	Especialidad 4: Sistemas de Información	Especialidad 5: Tecnologías de la Información		
Obligatorias de rama						90
Formación básica						60

Figura 1: Esquema del Plan de Estudios del Grado en Informática por la Universidad de Granada

- Nuevos Paradigmas de Interacción. Obligatoria de especialidad Computación y Sistemas Inteligentes (7º semestre).
- Programación Gráfica de Videojuegos. Optativa de especialidad Ingeniería del Software (7º semestre).
- Animación por Ordenador. Optativa de especialidad Ingeniería del Software (8º semestre).
- Sistemas de Información Geográficos. Optativa de especialidad Sistemas de Información (7º semestre).

2. Sistemas Gráficos como asignatura

En el contexto de este plan de estudios, la asignatura Sistemas Gráficos se presenta en el segundo semestre de tercero para todos los alumnos que han optado por obtener la especialidad de Ingeniería del Software, habiéndose matriculado en el curso 2012/2013 un total de 60 alumnos. De estos matriculados, un buen número de ellos manifestaron que escogieron la especialidad precisamente por las asignaturas de gráficos y videojuegos, si bien es cierto que otros -los menos-, manifestaron su desagrado por tener que ver algo según su criterio ajeno a la especialidad, la Ingeniería del Software. Previendo de antemano estos intereses y motivaciones contradictorios del alumnado, se estructuró la asignatura para intentar cubrir la expectativas de la mayor parte de ellos, tanto aquellos interesados en profundizar en los gráficos por ordenador como aquellos que quieren orientar su carrera hacia el análisis y diseño de proyectos informáticos, y alcanzar los objetivos (como resultados del aprendizaje) planteados en la ficha de la asignatura, a saber:

- Conocer los métodos de representación de grandes modelos geométricos y métodos de indexación espacial.
- Conocer aplicaciones en las que se pueden generar grandes modelos y saber valorar sus requerimientos.
- Conocer los fundamentos de la digitalización 3D.
- Conocer el concepto de modelo volumétrico y el proceso de generación de modelos volumétricos.
- Saber diseñar grafos de escena como representación en aplicaciones gráficas y utilizarlos sobre un motor gráfico.
- Conocer los fundamentos de la realidad virtual.
- Saber diseñar aplicaciones de procesamiento de modelos médicos.
- Saber usar herramientas de visualización de volúmenes.
- Conocer el funcionamiento de la GPU.
- Saber diseñar, implementar y evaluar algoritmos en GPU.

Para las clases teóricas se ha redactado una guía didáctica, con parte de los apuntes de la asignatura y una serie de ejercicios intercalados que los alumnos debían entregar antes de la lección, para intentar motivar a la lectura previa del tema y generar un posterior debate en clase. Esta entrega de actividades teóricas previas consistían bien en la resolución de ejercicios, contestación a preguntas de forma razonada, análisis de artículos científicos clásicos o bien completar ciertos epígrafes de los apuntes que intencionadamente se dejaban en blanco, usando para ello la bibliografía recomendada.

El temario teórico de este primer año de implantación de la asignatura ha consistido en los siguientes temas:

1. *Aplicaciones de los sistemas gráficos.* Tema introductorio motivador de las situaciones en las que pueden requerir un sistema gráfico.
2. *Modelado de sólidos. Indexación espacial. Gestión de grandes modelos.* Introducción a la representación de modelos poligonales y resolución de distintas problemáticas que se pueden presentar.
3. *Modelado y visualización de volúmenes.* Introducción a la representación y visualización de modelos volumétricos y sus aplicaciones.
4. *Grafos de escena.* Aproximación teórica y estudio de diversas librerías basadas en grafos de escena, haciendo especial hincapié en OpenSceneGraph.
5. *Sistemas Gráficos en Web.* Análisis de la problemática de la visualización 3D en los navegadores web y estudio de soluciones existentes: WebGL a bajo nivel y X3D a alto nivel. Introducción a otras tecnologías propietarias.
6. *Altas prestaciones gráficas.* Introducción al pipeline programable.

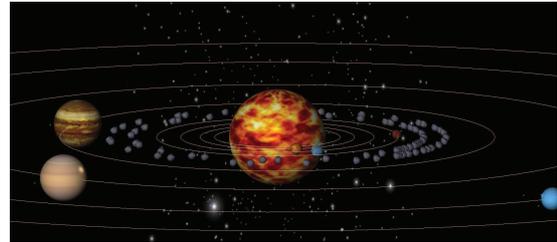


Figura 2: Ejemplo de sistema solar realizado por un alumno.

3. Un Sistema Solar como eje de las prácticas

El mayor peso de la evaluación de la asignatura lo tienen las prácticas de laboratorio, suponiendo un 55% de la nota final más un 20% si se realiza una práctica optativa.

Con idea de que los alumnos, al finalizar el curso, tuviesen una perspectiva global de diversas tecnologías con las que representar un mismo sistema gráfico y poder evaluar las posibilidades y dificultades de cada una de ellas, el problema ha sido el mismo durante todo el curso: un sistema solar en movimiento, con sus planetas y satélites, y una nave espacial paseando por el mismo. Se ha desarrollado al menos con tres tecnologías: OpenGL, OpenSceneGraph y X3D, más una cuarta opcional Java3D. De esta forma se pretendía ir ascendiendo en nivel de abstracción e ir reduciendo la complejidad de desarrollo del mismo sistema. En la figura 2 se muestra la captura de pantalla del trabajo de uno de los alumnos.

3.1. C++ y OpenGL

El primer ejercicio que se plantea es el desarrollo desde cero de un sistema solar, con todas las funcionalidades y

características que se supone que los alumnos saben implementar tras su paso por la asignatura de Informática Gráfica, como pueden ser el tema de animación, jerarquías, control de cámara, materiales y texturas, iluminación, etc. Además, era condición imprescindible el desarrollo en C++ y con un diagrama de clases, a desarrollar por el alumno, coherente y correcto desde el punto de vista de la Ingeniería del Software. Esto implicaba desarrollar la clases *Object3D*, *Textura*, *Camara*, *Luz*, y otras para la gestión de elementos gráficos, además de las clases *Universo*, *Planeta*, *GrupoOrbital*, *Satelite* y otras similares para la gestión de la escena.

El requisito de exigir un buen diseño del sistema ha resultado algo más laborioso de lo esperado, pues era la primera vez que afrontaban el diseño de un sistema gráfico desde cero (en Informática Gráfica partían de esqueletos ya programados, en C o C++ según la práctica). Además, a pesar de la gran cantidad de créditos de Análisis y Diseño de Software, resultaba patente durante el desarrollo de la práctica la falta de experiencia en diseño, especialmente en cuanto a la delegación de responsabilidades en las clases. La labor del profesorado ha consistido en ir guiando el diseño con unos criterios de calidad suficientes como para que el alumno comprendiera la importancia de una buena jerarquía de clases, con sus herencias y relaciones bien definidas.

El hecho de obligar a un adecuado diseño de clases ha conseguido que los alumnos maduren y perfeccionen los conceptos adquiridos en Informática Gráfica, y delimitar de forma natural la representación y la visualización. También ha destapado algunas carencias en cuanto a conceptos básicos que se intentarán mejorar en coordinación con los profesores de Informática Gráfica.

Esta práctica la entregaron 36 de los 60 alumnos, si bien varios de los que no la han entregado han manifestado su intención de entregarla en septiembre para obtener mejor nota.

3.2. OpenSceneGraph

Para la segunda práctica se utiliza OpenSceneGraph (OSG). En una primera sesión se analiza en clase el código del ejemplo que incluye OSG de un sistema solar, donde está todo en una única clase *SolarSystem*. Los propios alumnos fueron capaces de determinar que a nivel técnico es un ejemplo válido, en tanto en cuanto muestra el uso de varios nodos de OSG, pero a nivel de diseño es muy mejorable.

Durante el mes siguiente, los alumnos comenzaron, de nuevo desde cero, el desarrollo de un sistema solar pero esta vez usando OSG y añadiendo con respecto a los requisitos de la práctica anterior un sistema de partículas y un movimiento de la nave espacial de planeta a planeta. Se les planificó semana a semana qué nueva funcionalidad debían incluir, explicando en teoría con anterioridad los nodos que intervienen en dicha funcionalidad.

También se ha forzado a seguir un diseño de clases correcto, si bien la totalidad las clases heredaban de algún elemento

de OSG. En esta práctica, los alumnos han podido ver como en la práctica anterior se habían montado su propio grafo de escena sin darse cuenta. La han entregado 40 de los 60 alumnos.

3.3. Java3D

Dado que había algunos alumnos que no habían cursado Informática Gráfica, o bien no obtuvieron los resultados esperados en la práctica uno, o simplemente querían optar a una mayor nota, se ofreció la posibilidad de también desarrollar el mismo sistema con Java3D, ya que en la parte teórica de la asignatura se les pedía que completaran sus apuntes de la explicación de OSG con sus paralelos en Java3D. De los comentarios informales en clase, la mayoría de los alumnos destacan la mayor facilidad de desarrollo con Java3D, así como la mayor cantidad de documentación sobre el sistema.

3.4. Gráficos en la web: X3D

Una posible aproximación al desarrollo de sistemas gráficos en la web hubiera sido la programación con WebGL, pero su uso suponía un esfuerzo desmesurado para el porcentaje final de la nota, ya que los alumnos desconocían completamente el pipeline programable, pues en Informática Gráfica se ve OpenGL 2.0, con el pipeline fijo. Por tanto, se optó por el uso de X3D [ISOIEC06] con X3DOM (<http://www.x3dom.org>) como librería de renderizado, y el uso de X3D-Edit (<http://savage.nps.edu/X3D-Edit/>) como herramienta de desarrollo para la validación del XML. En apenas tres semanas los alumnos han sido capaces de desarrollar un sistema solar, con ciertas limitaciones impuestas por la falta de soporte de X3DOM a alguna de las funcionalidades del estándar X3D, como puede ser el nodo *TouchSensor*.

En esta práctica hubiera sido deseable profundizar en la gestión dinámica del grafo de escena con Javascript y JQuery, pero debido a la falta total de conocimientos de estas tecnologías por parte de los alumnos, se desechó esta posibilidad, centrándonos sólo en los aspectos básicos de interacción.

Esta práctica ha sido entregada por 40 de los 60 alumnos.

4. Evaluación de la asignatura por alumnos

Unas dos semanas antes de la finalización del semestre se pasó a los alumnos una encuesta online anónima para la evaluación de su actitud personal, la asignatura y la labor del profesorado. Dicha encuesta fue respondida por 38 de los 70 alumnos (62%). Era una encuesta larga, con más de 50 preguntas, algunas con texto libre para desarrollar.

Con respecto a la motivación antes y después de cursar la asignatura, se puede observar en la figura 3 que sigue siendo alta, a pesar de que la inmensa mayoría de los alumnos califican la asignatura como más difícil que el resto de asignaturas

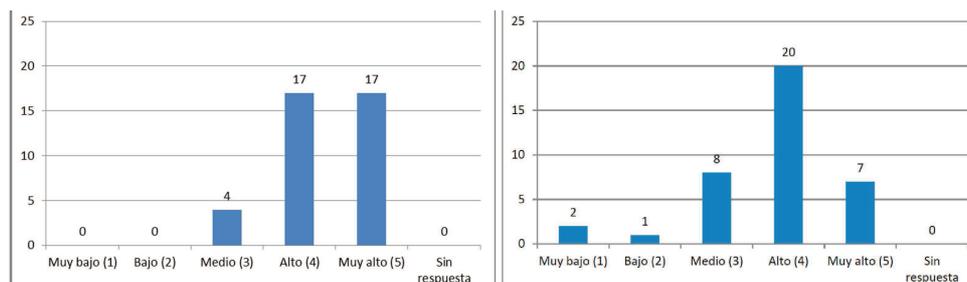


Figura 3: Grado de motivación de los alumnos antes (izda.) y después (dcha.) de cursar Sistemas Gráficos.

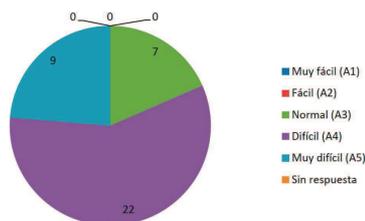


Figura 4: Grado de dificultad de la asignatura con respecto a otras del grado.

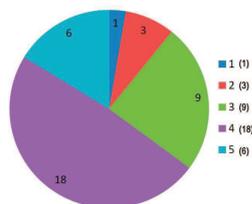


Figura 5: Respuestas a la pregunta: El contenido de la asignatura está actualizado y será útil para mi vida profesional (1: nada de acuerdo; 5: Muy de acuerdo)

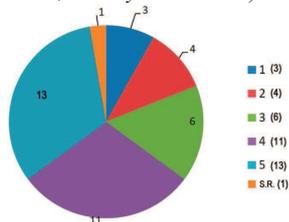


Figura 6: Respuestas a: Dada tu experiencia con la asignatura, y antes de ser calificado. ¿Recomendarías la asignatura a tus compañeros de posteriores promociones? (1: No, bajo ningún concepto; 5: Absolutamente)

cursadas (ver figura 4). En el texto libre que se les ofrecía a la pregunta sobre la dificultad, más de la mitad de los alumnos matriculados coinciden en la falta de asentamiento o de conocimiento de OpenGL y conceptos gráficos que se suponían adquiridos al comienzo de la asignatura. Para cursos posteriores, se ha planificado ya una *Práctica 0* donde se repasen los conceptos necesarios de Informática Gráfica.

Otro dato significativo es la impresión sobre el grado de actualización del temario y contenidos prácticos de la asignatura y su relación con la práctica profesional futura, mostrado en la figura 5. Estas respuestas son coherentes con la percepción final de la asignatura, pues a pesar de la dificultad manifestada, 30 de los alumnos que respondieron a la encuesta la recomendarían a compañeros de promociones posteriores, según se ve en la gráfica de la figura 6.

natura y su relación con la práctica profesional futura, mostrado en la figura 5. Estas respuestas son coherentes con la percepción final de la asignatura, pues a pesar de la dificultad manifestada, 30 de los alumnos que respondieron a la encuesta la recomendarían a compañeros de promociones posteriores, según se ve en la gráfica de la figura 6.

5. Conclusiones

La configuración de una asignatura en su primer año de impartición no deja de ser una tarea extremadamente laboriosa, y no exenta de contratiempos. Sin embargo, la respuesta de los alumnos en cuanto a participación en clase (una media del 60% de asistencia) y a las respuestas proporcionadas en las encuestas de calidad indican que el trabajo va bien encaminado. En el momento de redacción de este artículo no estamos aún en disposición de poder evaluar los resultados académicos, y dado que las encuestas anteriormente no permiten sacar conclusiones sobre el impacto real de la asignatura desde el punto de vista formativo, habrá que esperar a que el plan de estudios avance para valorar adecuadamente los contenidos y aprovechamiento de los mismos por parte del alumnado. Para próximos cursos se desplazará parte de las explicaciones de las clases de teoría a las de prácticas, para fomentar la asistencia a éstas, y se complementará el temario teórico con fundamentos de programación de GPU.

Otro aprendizaje transversal adquirido por los alumnos, derivado del uso de tecnologías libres en la asignatura, es la importancia de la documentación y el mantenimiento del software libre, ya que han tenido ciertos problemas con la documentación de OSG y X3DOM.

Bibliografía

- [ISOIEC06] INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION I., INTERNATIONAL ENGINEERING CONSORTIUM I.: *Extendible 3D (X3D) Part 1, ISO 19775: Architecture and base components, Scene Access Interface (SAI)*. 2006. URL: www.web3d.org/x3d/specifications.3
- [UGR] UGR: *Grado en Ingeniería Informática*. Universidad de Granada. URL: <http://grados.ugr.es/informatica/.1>